

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СИЛОВЫХ ВОЛНОВЫХ ПЕРЕДАЧ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ МАССЫ

М. В. Маргулис, профессор, д. т. н., Д. В. Проживаров,
студент гр. ТМ-04, ПГТУ

Особенностью использования приводов с волновыми зубчатыми передачами (ВЗП) в тяжелых металлургических, горнорудных и других машинах является практическая недопустимость аварийных отказов, так как это обычно связано с большими экономическими потерями, существенно превышающими стоимость этих приводов. Поэтому при их создании недопустимо улучшить одни показатели качества (например, массогабаритные) за счет ухудшения других (например, напряженного состояния, надежности, долговечности). При этом требуемые показатели работоспособности приводов должны быть обеспечены при любых значениях массы и габаритных размеров. Следовательно, при оптимизации параметров приводов предельные значения основных показателей работоспособности должны быть заданы и приняты в качестве ограничений.

Технические характеристики принятого варианта ВЗП должны удовлетворять этим ограничениям независимо от совокупности размерных параметров ее основных звеньев. Однако, массогабаритные характеристики ВЗП, в значительной мере определяющие их стоимость, существенно зависят от принятой совокупности геометрических размеров основных звеньев.

Известно, что масса изделия является одним из основных показателей рациональности конструкции и она прямопропорциональна геометрическим параметрам составных его частей.

Учитывая изложенное, в качестве критерия оптимизации принята масса ВЗП.

Задача конструктивной оптимизации ВЗП сводится к поиску такой совокупности размеров ее звеньев, при которой масса привода минимальна, а значения основных эксплуатационных показателей удовлетворяют заданным техническим ограничениями.

В качестве технических ограничений, обеспечивающих достаточно высокие эксплуатационные показатели (работоспособность, КПД, уровень шума, тепловой режим, надежность, долговечность и др.), учитывая опыт в создании и эксплуатации высокомоментных ВЗП, были приняты следующие:

- обеспечение собираемости генератора волн и передачи в целом;
- обеспечение требуемых коэффициентов запаса по статической и усталостной прочности в наиболее опасных сечениях (по впадинам зубьев) ГЗК (гибкого зубчатого колеса) при рабочих нагрузках в течении заданного срока эксплуатации;
- обеспечение требуемой долговечности подшипников качения генератора волн;
- обеспечение работоспособности передачи по радиальной податливости звеньев в плоскости генератора волн – волновое зацепление при предельной рабочей нагрузке (т.е. по невыходу зубьев из зацепления).

Порядок автоматизированного расчета следующий.

После расчета геометрических параметров всех звеньев передачи, кроме корпуса, определяется внутренний размер корпуса в сечении волнового зацепления. Затем рассчитываются габаритные размеры корпуса, радиальная жесткость в плоскости генератора – волновое зацепление. Этот расчет позволит ограничить в требуемых пределах радиальную податливость в этой плоскости, практически исключив выход зубьев из зацепления («проскок зубьев») при рабочей нагрузке, и минимизировать массу корпуса, наиболее массоемкого звена передачи. Допускаемой величиной радиальной податливости $\omega_{ВЗП}$ является

$$\omega \leq 0,1h_{\delta},$$

где h_{δ} - величина захода зубьев.

После получения минимально допустимых геометрических размеров корпуса минимизируется масса ВЗП в целом.

С учетом изложенного были разработаны алгоритмы и программа автоматизированного расчета основных параметров и оптимизации конструкции привода с ВЗП по критерию минимизации массы.

С использованием данной методики был разработан одноволновой передаточный механизм с минимизированной массой, который был изготовлен в ОАО «Азовмаш» и прошел комплексные экспериментальные исследования, подтвердившие достаточную его долговечность в числе циклов нагружения – 5 - 10⁷.
